

# THREE-DIMENSIONAL DISPLAY DEVICE

Publication number: JP2000250387

Publication date: 2000-09-14

Inventor: MISHINA TOMOYUKI; OKANO FUMIO

Applicant: JAPAN BROADCASTING CORP

Classification:

- international: G03H1/08; G03H1/22; G03H1/00; G03H1/08; (IPC1-7):  
G03H1/22; G03H1/08

- european:

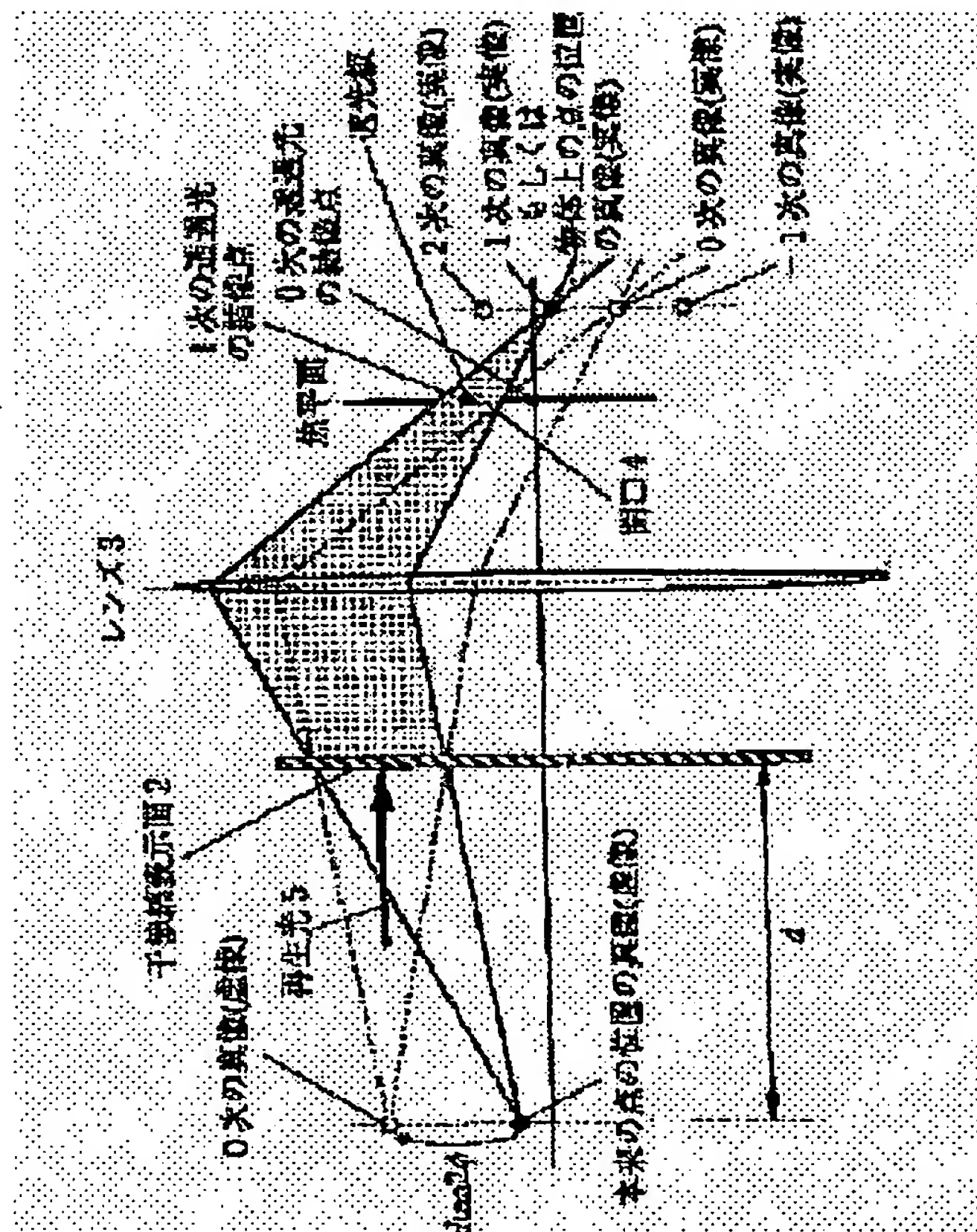
Application number: JP19990047767 19990225

Priority number(s): JP19990047767 19990225

Report a data error here

## Abstract of JP2000250387

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To enlarge a visual area by using light which participates with the high-order image formation as to an apparent image reproduced from interference fringes in the case of forming a hologram image again, and also, arranging an aperture for forming only the high-order apparent image reproduced from the interference fringes equivalent to the apparent image positioned at a point on the original object on the image side focal plane of a lens. **SOLUTION:** The three-dimensional display device is provided with an interference fringe display screen 2 with a sampling structure for displaying the interference fringes, reproduction light 5 for reproducing object light from the interference fringes and the lens 3 for forming the hologram image again from the reproduced object light. In the case of forming the hologram image again, the light which participates with the high-order image of the apparent image reproduced from the interference fringes is used, and also, the aperture 4 for forming only the high-order apparent image reproduced from the interference fringes equivalent to the apparent image positioned at the point on the original object is arranged on the image side focal plane of the lens 3. Thus, the hologram image having a wide visual area is reproduced.



(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号  
特開2000-250387  
(P2000-250387A)  
(43)公開日 平成12年9月14日(2000.9.14)

(51)Int.Cl.<sup>7</sup>  
G 0 3 H 1/22  
1/08

識別記号

FI  
G 0 3 H 1/22  
1/08

テームト(参考)  
2 K 0 0 8

審査請求 未請求 請求項の数 3 O L (全 10 頁)

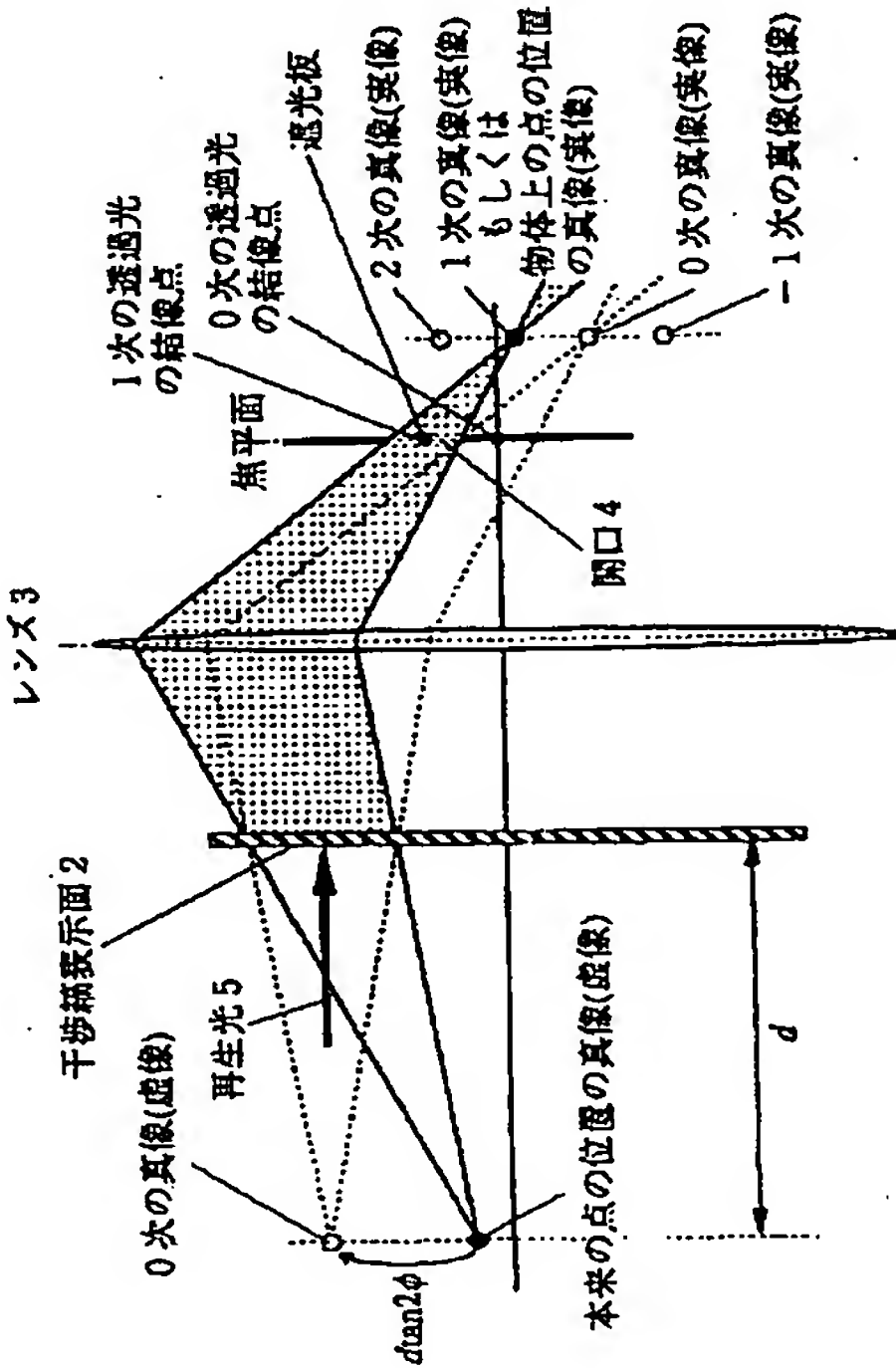
(21)出願番号	特願平11-47767	(71)出願人	000004352 日本放送協会 東京都渋谷区神南2丁目2番1号
(22)出願日	平成11年2月25日(1999.2.25)	(72)発明者	三科 智之 東京都世田谷区砧1丁目10番11号 日本放送協会 放送技術研究所内
		(72)発明者	岡野 文男 東京都世田谷区砧1丁目10番11号 日本放送協会 放送技術研究所内
		(74)代理人	100059258 弁理士 杉村 暁秀 (外8名) Fターム(参考) 2K008 AA08 BB04 CC01 CC03 FF07 FF27 HH06 HH18 HH19 HH25

(54)【発明の名称】 立体表示装置

(57)【要約】

【課題】 干渉縞を表示する標本化構造を有する干渉縞表示面2と、干渉縞から物体光を再発生させる再生光5と、再発生させられた物体光からホログラム像を再結像させるレンズ3とを具えた従来の立体表示装置においては、視域の最大値が干渉縞表示面の解像度で決まる値に制限されていた。

【解決手段】 ホログラム像を再結像させるにあたっては干渉縞から再生される真像の高次の像の結像に關与する光線を利用するとともに、本来の物体上の点の位置の真像に相当する干渉縞から再生される高次の真像だけを結像させるための開口4をレンズ3の像側焦平面に配置した。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 干渉縞を表示する標本化構造を有する干渉縞表示面と、前記干渉縞から物体光を再生させる再生光と、該再生光させられた物体光からホログラム像を再結像させるレンズとを少なくとも具えた立体表示装置において、

前記ホログラム像を再結像させるにあたっては干渉縞から再生される真像の高次の像の結像に関与する光線を利用するとともに、本来の物体上の点の位置の真像に相当する前記干渉縞から再生される高次の真像だけを結像させるための開口を前記レンズの像側焦平面に配置してなることを特徴とする立体表示装置。

【請求項2】 干渉縞表示面に表示する0次および高次の像の結像に関与する干渉縞を時分割で切り換えるとともに、該切り換えに同期して前記レンズの像側焦平面に配置した前記開口の位置を前記切り換えられた干渉縞に対応して切り換えるようにしたことを特徴とする立体表示装置。

【請求項3】 干渉縞表示装置と、レンズと、0次または高次の像を結像させるための前記レンズの像側焦平面に配置された開口とを少なくとも有する立体表示装置を複数具え、それら立体表示装置のそれぞれから再生された光を空間上で合成するようにしたことを特徴とする立体表示装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、計算機ホログラムを利用した立体表示装置に係り、とくに干渉縞を表示する標本化構造を有する干渉縞表示面を具えるとともに、視域の拡大を実現した立体表示装置に関する。

【0002】

【従来の技術】本発明者らは、ハーフゾーンプレート法により作成した2種類の干渉縞を交互に表示するとともに、再結像レンズの像側焦平面に設置する開口に設けた2つのシャッタの開閉を干渉縞の表示に同期して行うことにより、真像の観視に妨害となる共役像、透過光、および干渉縞表示面が標本化構造を有することにより発生する高次の像を除去し、視域を拡大することを可能にした立体表示装置をすでに発明した（特願平10-81680号）。

【0003】この（特願平10-81680号明細書記載の）立体表示装置は、上記のように、視域の拡大を実現したものであるが、そこでは、真像の観視を妨げないように、真像の結像に関与する光以外の光線を除去するようにしたことを要件としている。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】しかし、特願平10-81680号明細書記載の発明においては、再生された真像の結像に関与する光線のみを使用しているため、拡大された視域の最大値が干渉縞表示面の解像度で決まる

値に制限されていた。換言すれば、干渉縞表示面の標本化間隔で制限される視域以上に視域を拡大することができないという欠点があった。

【0005】本発明の目的は、干渉縞を表示する標本化構造を有する干渉縞表示面を具えた立体表示装置において、上記（特願平10-81680号）のように拡大される視域の最大値が干渉縞表示面の解像度で決まる値に制限されることのない立体表示装置を提供することにある。

【0006】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するために、本発明立体表示装置は、干渉縞を表示する標本化構造を有する干渉縞表示面と、前記干渉縞から物体光を再生させる再生光と、該再生光させられた物体光からホログラム像を再結像させるレンズとを少なくとも具えた立体表示装置において、前記ホログラム像を再結像させるにあたっては干渉縞から再生される真像の高次の像の結像に関与する光線を利用するとともに、本来の物体上の点の位置の真像に相当する前記干渉縞から再生される高次の真像だけを結像させるための開口を前記レンズの像側焦平面に配置してなることを特徴とするものである。

【0007】また、本発明立体表示装置は、干渉縞表示面に表示する0次および高次の像の結像に関与する干渉縞を時分割で切り換えるとともに、該切り換えに同期して前記レンズの像側焦平面に配置した前記開口の位置を前記切り換えられた干渉縞に対応して切り換えるようにしたことを特徴とするものである。

【0008】また、本発明立体表示装置は、干渉縞表示装置と、レンズと、0次または高次の像を結像させるための前記レンズの像側焦平面に配置された開口とを少なくとも有する立体表示装置を複数具え、それら立体表示装置のそれぞれから再生された光を空間上で合成するようにしたことを特徴とするものである。

【0009】

【発明の実施の形態】以下に添付図面を参照し、発明の実施の形態に基づいて本発明を詳細に説明する。本発明の説明に入る前に、標本化構造を有する干渉縞表示面に表示される干渉縞が折り返し成分を含まないようにするための条件として物体光の広がる範囲について説明する。

【0010】干渉縞は物体光と参照光を干渉させることにより生じる縞である。この縞の周期は物体光の進行方向と参照光の進行方向のなす角度によって決まり、この角度が大きくなると干渉縞の周期は小さくなる。従って、干渉縞表示面の標本化間隔が決まると干渉縞表示面に表示される縞の最小周期が決まり、干渉縞作成時の物体光と参照光のなす角度の最大値が決まる。物体光と参照光のなす角度が最大値を超えた場合、干渉縞の周期が表示限界を超えて小さくなる結果、干渉縞表示面に正し



い干渉縞を表示することができず、折り返った干渉縞が表示されてしまう。

【0011】図1は、折り返し成分を含まない干渉縞が得られる物体光の広がる範囲を示している。なお、図1では、干渉縞作成面1の法線方向に参照光が入射する場合を示している。また図1は、一例として、物体上の点を含む鉛直面内で示しているが、これは、面による違いはなく、どの面内でも同様に考えることができる。

【0012】図1において、干渉縞作成面1の標本化間隔 $p$ で決まる物体光と参照光のなす角度の最大角度 $\phi$ は、物体光と参照光の波長をともに $\lambda$ とすると、 $\phi \equiv \lambda / 2p$ となる。物体上の点から発生する光線のうち干渉縞作成面1において参照光と干渉することにより生成される干渉縞に折り返し成分を含まないための物体光は、それと参照光とのなす角度が $\phi$ 以下の範囲、すなわち、物体光および参照光の進行方向が干渉縞作成面の法線方向と交わる角度をそれぞれ $\theta_0$ 、 $\theta_R$ （ただし、図面上反時計方向を正とし、 $\theta_0$ 、 $\theta_R$ は、それぞれ $\sin \theta_0 \equiv \theta_0$ 、 $\sin \theta_R \equiv \theta_R$ を満たす範囲とする）とすると、角度 $\theta_0$ が式 $\phi \geq |\theta_R - \theta_0|$ を満足する必要がある。なお、図1の場合には、角度 $\theta_R$ は $\theta_R = 0$ である。

【0013】本発明においては、参照光の角度 $\theta_R$ を一定とした場合、干渉縞に折り返し成分が生じる $|\theta_R - \theta_0| > \phi$ となる角度 $\theta_0$ を有する物体光の範囲を再生するために、物体位置を移動させて作成した干渉縞から再生される真像の高次の像の結像に関与する光を利用している。

【0014】図2(a)、(b)は、本発明立体表示装置の第1の実施形態として、参照光の進行方向と干渉縞作成面1の法線方向とのなす角度 $\theta_R$ を $\theta_R = \theta_{R0}$ （ $\theta_{R0}$ は一定値）としたときの、物体上の点から発生する $\phi \leq \theta_0 - \theta_{R0} \leq 3\phi$ となる角度 $\theta_0$ を有する物体光の再生を示している。

【0015】本実施形態は、図2(a)、(b)において、光軸を含む鉛直面内の平面図で示され、物体が鉛直面内に存在し、参照光と干渉縞作成面1の法線方向とのなす角度 $\theta_{R0}$ が $\theta_{R0} = 0$ の場合である。以下、図2

(a)、(b)に基づき鉛直面内で説明を行うが、水平面内でも同様に考えることができる。空間上、任意の位置に存在する物体については鉛直方向と水平方向に分けて考えればよい。

【0016】図2(a)において、物体上の点と干渉縞作成面1との間の距離を $d$ とする。ここで、干渉縞作成面1との距離が $d$ で、かつ物体上の点の位置から鉛直方向に $d \sin 2\phi \equiv d \tan 2\phi$ だけ離れた位置の点について $\theta_R = \theta_{R0}$ の参照光と $|\theta_R - \theta_0| \leq \phi$ の範囲内の物体光とで作成された折り返し成分を有しない干渉縞から $\theta_R = \theta_{R0}$ の参照光と同じ角度の再生光5でホログラム像を再生する場合を考える。

【0017】図2(b)に示すように、このホログラム像を便宜上、0次の真像（虚像）と言うことにすると、この0次の真像（虚像）からの光はレンズ3により破線で示す経路を通して0次の真像（実像）の位置に結像する。さらに、干渉縞表示面2が標本化構造をもつことから、0次の真像（実像）に対する高次の像が同時に発生するが、この高次の像を、便宜上、鉛直上方向を正として0次から順番に番号を付けて言うことにすると、高次の像（次数を $n$ とする）の結像に関与する光の進行方向は0次の真像の結像に関与する光に対して角度 $\theta$ だけ傾き、その角度 $\theta$ は $\theta \equiv \sin \theta = n\lambda / p = 2n\phi$ （ $n = \pm 1, \pm 2, \dots$ ）となる。

【0018】従って、1次の真像（実像）の結像に関与する光（図2(b)中の陰影を施した範囲の光）は0次の真像（実像）の結像に関与する光線と $2\phi$ のなす角度を有し、図2(b)に示すように、1次の真像（実像）の結像位置は、物体上の点の位置に相当する真像（虚像）からの $\phi \leq \theta_0 - \theta_{R0} \leq 3\phi$ の光がレンズ3により結像された実像の位置に一致する。

【0019】図3は、上述した第1の実施形態に関する事項が物体上の任意の点について成立することを示している。図3において、干渉縞表示面からの距離がそれぞれ $d_A$ 、 $d_B$ の物体上の2つの点A、Bから鉛直方向にそれぞれ $d_A \tan 2\phi$ 、 $d_B \tan 2\phi$ だけ離れた位置に存在する点A'、B'について、 $\theta_R = \theta_{R0}$ の参照光と $|\theta_R - \theta_0| \leq \phi$ の範囲内の物体光とで折り返し成分を有しない干渉縞を作成する。この干渉縞を干渉縞表示面2に表示し、 $\theta_R = \theta_{R0}$ の参照光と同じ角度の再生光5でホログラム像を再生した場合、点A'、B'それぞれの0次の真像（実像）の結像に関与する光線（図3中、破線で示した範囲の光線）は点A'、B'それぞれの1次の真像（実像）の結像に関与する光線（図3中、陰影を施した範囲の光線）に対してそれぞれなす角度 $2\phi$ を有するため、それぞれの点A、Bから発生する $\phi \leq \theta_0 - \theta_{R0} \leq 3\phi$ となる角度 $\theta_0$ を有する物体光と等価になることが分かる。

【0020】以上のことから、干渉縞作成時に、物体上の点が本来の位置から鉛直方向に $d \sin 2\phi \equiv d \tan 2\phi$ だけ離れた位置に存在するものと仮定したうえで、 $\theta_R = \theta_{R0}$ の参照光と $|\theta_R - \theta_0| \leq \phi$ の範囲内の物体光とで折り返し成分を有しない干渉縞を作成し、その作成した干渉縞から $\theta_R = \theta_{R0}$ の参照光と同じ角度の再生光5でホログラム像を再生すると、その再生像の1次の真像（実像）の結像に関与する光は、本来の物体上の点の位置から発生する $\phi \leq \theta_0 - \theta_{R0} \leq 3\phi$ となる角度 $\theta_0$ を有する物体光と等価になる。物体上のすべての点について、計算機上で同様の処理を行って干渉縞を作成することにより、高次の像の結像に関与する光を利用して物体全体に対する物体光の広がる範囲を拡大することができる。

【0021】すなわち、物体上の点から発生する  $(2n-1)\phi \leq \theta_0 - \theta_{R0} \leq (2n+1)\phi$  になる角度  $\theta_0$  を有する物体光については、物体上の点が本来の位置から  $d \sin 2n\phi \approx d \tan 2n\phi$  だけ離れた位置に存在するものと仮定したうえで、 $\theta_R = \theta_{R0}$  の参照光と  $|\theta_R - \theta_0| \leq \phi$  の範囲内の物体光とで作成された折り返し成分を有しない干渉縞を作成する。この干渉縞を  $\theta_R = \theta_{R0}$  の参照光と同じ角度の再生光5で再生すると、結像された真像（実像）の  $n$  次の像が、本来の物体上の点の位置に相当する真像（虚像）からの光がレンズ3により

10 結像された真像（実像）の位置に結像される。この真像（実像）の結像に参与する光線は  $(2n-1)\phi \leq \theta_0 - \theta_{R0} \leq (2n+1)\phi$  となる角度  $\theta_0$  を有する物体光と等価となる。

【0022】以上の説明は、逆側に広がる物体光、すなわち、 $n < 0$  の場合の物体上の点から発生する  $(2n-1)\phi \leq \theta_0 - \theta_{R0} \leq (2n+1)\phi$  となる角度  $\theta_0$  を有する物体光についても適用できる。以上より、物体位置を移動させて作成した干渉縞から再生される真像の高次の像の結像に参与する光線により干渉縞に折り返し成分が生じる  $|\theta_R - \theta_0| > \phi$  となる角度  $\theta_0$  をもつ物体光を再生することができる。

20 【0023】ここで、高次の真像の結像に参与する光線を利用して視域を拡大するためには、不要な光線を排除しなければならない。不要な光線をどのように排除するかについては、以下に図4、図5を参照して説明する。図4は、不要な光線の排除の仕方を示している。図4に示すように、陰影を施した範囲の光線を通す開口4をレンズ3の像側焦平面に配置すると、1次の真像（実像）、すなわち本来の物体上の点の位置の真像に相当する干渉縞から再生される高次の真像（実像）だけを結像させることができる。図3において1次の真像（実像）の結像に参与する光（陰影を施した範囲の光）が焦平面を横切る領域は物体上の点の位置によらず一定であるように、この開口4の形状および位置も、結像される真像（実像）の位置が変わっても不変である。

30 【0024】図5（a）、（b）は、上記開口4の大きさ、形状および位置を示している。図5（a）に示すように、干渉縞表示面2の標本化間隔が水平  $p_H$ 、垂直  $p_V$  の正方配列を有し、レンズ3の焦点距離が  $f$  であるとすると、像側焦平面に、再生光5の直接透過光の結像点（0次の透過光の結像点）が存在するとともに、図5（b）に示すように、水平  $\lambda f / p_H$ 、垂直  $\lambda f / p_V$  の間隔で高次の透過光の結像点が存在することとなる。この高次の透過光の結像位置は、図5（a）の標本化構造のフーリエ変換から導かれる結像位置である。また、図5（b）中の0次の透過光の結像点を中心に斜線で示された高次の像の繰返し周期で囲まれた四角形の領域が0次光の通過領域である。

【0025】0次の真像（実像）だけを再生する場合に

はこの0次光の通過領域を開口として像側焦平面に配置する。同様に、 $n$  次の真像（実像）だけを再生する場合には  $n$  次の透過光の結像点を中心として0次光の通過領域と同じ大きさの開口を像側焦平面に配置する。従って、図4（b）における1次の真像（実像）、すなわち本来の物体上の点に対する真像（実像）だけを再生させるための開口4の形状は図5（b）に示す白抜きの部分になる。また、この場合、各開口ごとに透過光の結像点を遮光するために、開口の中心部に小さな遮光板を配置する必要がある。

【0026】以上説明した本発明の第1の実施形態に、本発明者らの発明に係る、透過光、共役像を除去する特願平10-81680号明細書に記載の技術を組み合わせると、透過光、共役像の結像に参与する光による妨害を除去したうえで、従来、再生されなかった物体光を再生することができる。

【0027】図6（a）、（b）、（c）、（d）は、本発明立体表示装置の第2の実施形態を示し、また、図7（a）、（b）、（c）は、図6（a）、（b）、（c）において使用する開口をそれぞれ示している。なお、図6（a）、（b）、（c）、（d）は、本実施形態により、 $-3\phi \leq \theta_0 - \theta_{R0} \leq 3\phi$  となる角度  $\theta_0$  を有する物体光が再生され、視域拡大が実現されることを説明している。

【0028】ここに、図6（a）、（b）、（c）は、それぞれ上述の開口および遮光板により1次、0次、-1次の真像（実像）だけを再生する場合を説明している。すなわち、図6（a）は物体上の点から発生する  $\phi \leq \theta_0 - \theta_{R0} \leq 3\phi$  となる角度  $\theta_0$  を有する物体光の再生、図6（b）は物体上の点から発生する  $-\phi \leq \theta_0 - \theta_{R0} \leq \phi$  となる角度  $\theta_0$  を有する物体光の再生、図6（c）は物体上の点から発生する  $-3\phi \leq \theta_0 - \theta_{R0} \leq -\phi$  となる角度  $\theta_0$  を有する物体光の再生を行う構成をそれぞれ示している。また、共役像の結像に参与する光による妨害を除去するために、図6（a）、（b）、（c）の各構成において特願平10-81680号明細書記載の技術との組み合わせを用いる。

40 【0029】詳細に説明する。ここで、物体上の点と干渉縞作成面1との間の距離を  $d$  とする。図6（a）は、物体上の点の位置を鉛直方向に  $d \tan 2\phi$  移動させたうえで  $\theta_R = \theta_{R0}$  の参照光により作成される折り返し成分を含まない干渉縞を干渉縞表示面2に表示し、レンズ3の像側焦平面に配置する開口4を図7（a）に示す1次の透過光の結像点を中心とした0次光の通過領域と同じ大きさの開口とし、さらに開口中心部に小さな遮光板を配置することで、再生された真像（実像）の1次の真像の結像に参与する光線、すなわち物体上の点から発生する  $\phi \leq \theta_0 - \theta_{R0} \leq 3\phi$  となる角度  $\theta_0$  をもつ物体光だけが再生されることを示している。

【0030】また、図6（b）は、物体上の点から発生



する $-\phi \leq \theta_0 - \theta_{R0} \leq \phi$ となる角度 $\theta_0$ を有する物体光に対して $\theta_R = \theta_{R0}$ の参照光により作成される折り返し成分を含まない干渉縞を干渉縞表示面2に表示し、レンズ3の像側焦平面に配置する開口4を図7(b)に示す0次の透過光の結像点を中心とした0次光の通過領域と同じ大きさの開口とし、さらに開口中心部に小さな遮光板を配置することで、再生された真像(実像)の0次の真像の結像に關与する光線、すなわち物体上の点から発生する $-\phi \leq \theta_0 - \theta_{R0} \leq \phi$ となる角度 $\theta_0$ をもつ物体光だけが再生されることを示している。

【0031】また、図6(c)は、物体上の点の位置を鉛直方向に $-d \tan 2\phi$ 移動させたうえで $\theta_R = \theta_{R0}$ の参照光により作成される折り返し成分を含まない干渉縞を干渉縞表示面2に表示し、レンズ3の像側焦平面に配置する開口4を図7(c)に示す-1次の透過光の結像点を中心とした0次光の通過領域と同じ大きさの開口とし、さらに開口中心部に小さな遮光板を配置することで、再生された真像(実像)の-1次の真像の結像に關与する光線、すなわち物体上の点から発生する $-3\phi \leq \theta_0 - \theta_{R0} \leq -\phi$ となる角度 $\theta_0$ をもつ物体光だけが再生されることを示している。

【0032】上記それぞれの構成(図6(a),

(b), (c))で再生された真像(実像)はすべて本来の物体上の点の位置に相当する真像(実像)と一致している。そこで、図6(a), (b), (c)の構成を時分割で切り換え、すなわち、干渉縞表示面2に表示する干渉縞を時分割で切り換え、かつ干渉縞の切り換えに同期して開口4を切り換えることにより、図6(d)に示すように、時分割で再生されたそれぞれの物体光が人の目にはあたかも同時に発生したかのように見え、視域が約3倍に拡大されることになる。

【0033】本実施形態(第2の実施形態)では、高次の真像を結像させる干渉縞として物体位置を移動させて作成した折り返し成分を含まない干渉縞を用いる場合を説明したが、次に、これと等価な干渉縞を得る2通りの方法について説明する。

【0034】まず、第1の方法を説明する。図8は、高次の真像を結像させる干渉縞を作成するための、上記以外の第1の方法を示している。図8に示すように、物体上の点から発生する $\phi \leq \theta_0 - \theta_{R0} \leq 3\phi$ となる角度 $\theta_0$ を有する物体光と $\theta_{R0} + 2\phi$ の角度を有する参照光とを干渉させると、物体光と参照光のなす角度 $|\theta_0 - (\theta_{R0} + 2\phi)|$ が $\phi$ 以下となり折り返し成分を含まない干渉縞を作成することができる。この干渉縞を上述した図4に示す干渉縞表示面2に表示し、 $\theta_R = \theta_{R0}$ の角度の再生光5でホログラム像を再生すると、干渉縞表示面2との距離 $d$ のまま、本来の物体上の点の位置から鉛直方向に $d \sin 2\phi \approx d \tan 2\phi$ だけシフトした位置に0次の真像(虚像)が再生される。

【0035】これは上述した本発明の第1の実施形態と

同じであり、0次の真像(実像)に対する1次の真像

(実像)の結像位置は、本来の物体上の点の位置に相当する真像(虚像)からの $\phi \leq \theta_0 - \theta_{R0} \leq 3\phi$ の光がレンズ3により結像された実像の位置と一致し、第1の実施形態と同様、物体上の点から発生する $|\theta_R - \theta_0| > \phi$ となる角度 $\theta_0$ を有する物体光が再生される。

【0036】次に、第2の方法を説明する。ここでは、物体上の点から発生する $\phi \leq \theta_0 - \theta_{R0} \leq 3\phi$ となる角度 $\theta_0$ を有する物体光に対して $\theta_R = \theta_{R0}$ の参照光により作成される折り返し成分を有する干渉縞を干渉縞表示面2に表示する場合を考える。この干渉縞の折り返し成分は、まず、 $\phi \leq \theta_0 - \theta_{R0} \leq 2\phi$ の場合、物体光と参照光のなす角度が $2\phi - (\theta_0 - \theta_{R0})$ のとき得られる干渉縞の縞間隔、すなわち、同じ物体光に対して $\theta_R = \theta_{R0} + 2\phi$ の参照光との干渉(物体光と参照光のなす角度が $(2\phi + \theta_{R0}) - \theta_0$ の場合)により作成された折り返し成分を含まない干渉縞の縞間隔と同じになる。

【0037】また、 $2\phi \leq \theta_0 - \theta_{R0} \leq 3\phi$ の場合には、物体光と参照光のなす角度が $\theta_0 - (2\phi + \theta_{R0})$ のとき得られる干渉縞の縞間隔となる、すなわち、同じ物体光に対して $\theta_R = \theta_{R0} + 2\phi$ の参照光との干渉(物体光と参照光のなす角度が $\theta_0 - (2\phi + \theta_{R0})$ の場合)により作成された折り返し成分を含まない干渉縞の縞間隔と同じになる。すなわち、この場合は、上述した第1の方法(図8参照)により作成した干渉縞と等価になる。従って、この干渉縞からの再生は図4に示したのと同じになり、物体上の点から発生する $|\theta_R - \theta_0| > \phi$ となる角度 $\theta_0$ を有する物体光が再生される。

【0038】上述した、本発明立体表示装置の第2の実施形態(図6, 7参照)では、3つの構成を時分割で切り換えるものとして説明したが、これは3つに限られるわけではなく、任意の数とすることができる。具体的には、例えば、図6に示す垂直方向の合成を、垂直方向と同様に水平方向にも拡張することにより、2次元的に視域を9倍にすることができる。構成の数を $m$ とすると、再生される物体光の広がる範囲、すなわち視域が $m$ 倍に拡大される。しかし、構成の数を増やすことはより高い次数の像を利用することになり、高い次数の像ほど0次の像との明暗の差が大きいため、それを回避し、再生される物体光の明るさを各次数の像の間で均一化する必要がある。

【0039】均一化の一方法として、干渉縞表示面の標本化構造における開口率を小さくするという方法が考えられる。この方法においては、回折格子の格子の開口部分の幅を狭くすることにより高次の像が相対的に強く発生する(開口率を小さくしたことにより全体の光量は減少する)ということを利用するものであり、干渉縞表示面の開口率を小さくすることで高次の像の0次の像との明暗の差を小さくし、もって各次数の像の間で明るさを均一化し、また、開口率を小さくしたことによる全体光

10

20

30

40

50

量の減少を補うため再生光に明るい光線を使用する。また、高次の像の再生には再生像の明るさに応じて再生光の光量を変化させるなどの再生光の適応制御や、再生光の明るさに応じて開口にND (Neutral Density) フィルタをかけるなども考えられる。

【0040】また、干渉縞を高速で切り換える干渉縞表示面に用いる表示素子としては、液晶表示パネルなどの空間光変調素子を利用することができる。また、開口の切り換えは、各開口部に独立に制御可能なシャッタを配置して、それらシャッタの開閉操作を行えばよい。シャッタには機械式シャッタ、液晶シャッタのような周知なものをを用いることができる。

【0041】次に、上述した本発明立体表示装置の実施形態においては、各干渉縞からの物体光を時分割で再生し、それが人の目に同時に発生したように見えることを利用して合成するようにしたのに対し、以下では、各干渉縞からの物体光を同時に再生し、空間的に合成する第3の実施形態について図9を参照して説明する。なお、ここでは、上記各干渉縞からの物体光を時分割で合成する際に用いた各開口を示す図7 (a), (b), (c) も参照する。

【0042】図9は、本発明立体表示装置の第3の実施形態を示している。本実施形態は、図9に示すように、同じ標本化構造、標本化間隔を有する3つの干渉縞表示面2a, 2b, 2c、同じ焦点距離を有する3つのレンズ3a, 3b, 3c、各レンズの像側焦平面に配置する開口4a, 4b, 4c、同じ波長で各干渉縞表示面に対して同じ入射角度を有する再生光5a, 5b, 5c、およびハーフミラー6a, 6bからなり、各レンズ3a, 3b, 3cは、それらレンズの光軸がハーフミラー6a, 6bでの合成後において一致するように配置されている。以上の構成により、 $-3\phi \leq \theta_0 - \theta_{R0} \leq 3\phi$  となる角度 $\theta_0$ を有する物体光が再生され、視域拡大が実現される。

【0043】詳細に説明する。図9において、干渉縞表示面2aには、物体上の点から発生する $\phi \leq \theta_0 - \theta_{R0} \leq 3\phi$  となる角度 $\theta_0$ を有する物体光に対して物体位置を移動させまたは $\theta_R = \theta_{R0} + 2\phi$ の参照光により作成した折り返し成分を含まない干渉縞、もしくは $\theta_R = \theta_{R0}$ の参照光により作成した折り返し成分からなる干渉縞を表示する。開口4aを、図7 (a) に示す1次の透過光の結像点を中心とした0次光の通過領域と同じ大きさの開口とし、さらに開口中心部に小さな遮光板を配置することで、 $\theta_R = \theta_{R0}$ の角度の再生光5aにより再生された1次の真像(実像)の結像に参与する光線、すなわち物体上の点から発生する $\phi \leq \theta_0 - \theta_{R0} \leq 3\phi$  となる角度 $\theta_0$ を有する物体光だけを再生する。

【0044】また、干渉縞表示面2bには、物体上の点から発生する $-\phi \leq \theta_0 - \theta_{R0} \leq \phi$  となる角度 $\theta_0$ を有する物体光に対して $\theta_R = \theta_{R0}$ の参照光により作成した

折り返し成分を含まない干渉縞を表示する。開口4bを、図7 (b) に示す0次の透過光の結像点を中心とした0次光の通過領域と同じ大きさの開口とし、さらに開口中心部に小さな遮光板を配置することで、 $\theta_R = \theta_{R0}$ の参照光と同じ角度の再生光5bにより再生された0次の真像(実像)の結像に参与する光線、すなわち物体上の点から発生する $-\phi \leq \theta_0 - \theta_{R0} \leq \phi$  となる角度 $\theta_0$ を有する物体光だけを再生する。

【0045】また、干渉縞表示面2cには物体上の点から発生する $-3\phi \leq \theta_0 - \theta_{R0} \leq -\phi$  となる角度 $\theta_0$ を有する物体光に対して物体位置を移動させまたは $\theta_R = \theta_{R0} - 2\phi$ の参照光により作成した折り返し成分を含まない干渉縞、もしくは $\theta_R = \theta_{R0}$ の参照光により作成した折り返し成分からなる干渉縞を表示する。開口4cを、図7 (c) に示す-1次の透過光の結像点を中心とした0次光の通過領域と同じ大きさの開口とし、さらに開口中心部に小さな遮光板を配置することで、 $\theta_R = \theta_{R0}$ の角度の再生光5cにより再生された-1次の真像(実像)の結像に参与する光線、すなわち物体上の点から発生する $-3\phi \leq \theta_0 - \theta_{R0} \leq -\phi$  となる角度 $\theta_0$ を有する物体光だけを再生する。

【0046】以上により再生された各物体光を、ハーフミラー6a, 6bで空間的に合成することにより、視域は約3倍に拡大される。

【0047】上述した、本発明立体表示装置の第3の実施形態では、一例として、3つの領域の物体光を空間的に合成するものとして説明したが、第1または第2の実施形態におけるのと同様に、これは3つの領域に限られるわけではなく、任意の数とすることができる。具体的には、例えば、図9の垂直方向の合成を垂直方向と同様に水平方向にも拡張することにより2次元的に視域を9倍にすることができる。領域の数をmとすると、再生される物体光の広がる範囲、すなわち視域がm倍に拡大される。しかし、この場合、第1または、第2の実施形態におけるのと同様に、領域の数を増やすことはより高い次数の像を利用することになり、高い次数の像ほど0次の像との明暗の差が大きい。そこで、各次数の像の間で明暗の差を均一化するために、干渉縞表示面2の標本化構造における開口率を小さくし、そうしたうえで、全体光量の減少を補うため再生光5に明るい光を使用し、また、高次像の再生には再生像の明るさに応じて再生光5の光量を変化させるなどの方法を併用することが望ましい。

【0048】また、本実施形態(第3の実施形態)においても、第1または第2の実施形態におけるのと同様に、干渉縞表示面に用いる表示素子として液晶表示パネルなどの空間光変調素子を利用することができるが、動画でホログラム像の再生を行う場合、第1または第2の実施形態による再生像と同じ時間特性を有する再生像を得るために本実施形態に要求される干渉縞表示面の切り

換え速度は、合成される物体光の領域の数を $m$ とすると、第1または第2の実施形態における干渉縞表示面の切り換え速度の $(1/m)$ 倍でよい。

【0049】本発明立体表示装置は、以上説明した第1乃至第3の実施形態に限られるものではなく、これらの各実施形態を適宜組み合わせて実施するなど、特許請求の範囲の記載内で各種変形して実施することができる。

【0050】

【発明の効果】本発明は、再生された真像（虚像）に対する高次の像の結像に関与する光を使用することにより、干渉縞表示面の解像度を大きくすることなく、また真像（虚像）の大きさを変えことなく視域の拡大ができるようにしたものである。従って、本発明によれば、干渉縞表示面として画素間隔が粗い液晶表示パネルを用いた場合にも、視域の広いホログラム像を再生することができ、動画ホログラフィ装置などに有効な技術となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 折り返し成分を含まない干渉縞が得られる物体光の広がる範囲を示している。

【図2】 本発明立体表示装置の第1の実施形態を示している。

【図3】 第1の実施形態に関する事項が物体上の任意の点について成立することを示している。

【図4】 第1の実施形態における不要な光線の排除の仕方を示している。

【図5】 不要な光線を排除するための開口の大きさ、形状および位置を示している。

【図6】 本発明立体表示装置の第2の実施形態を示している。

【図7】 第2および第3の実施形態において使用する開口を示している。

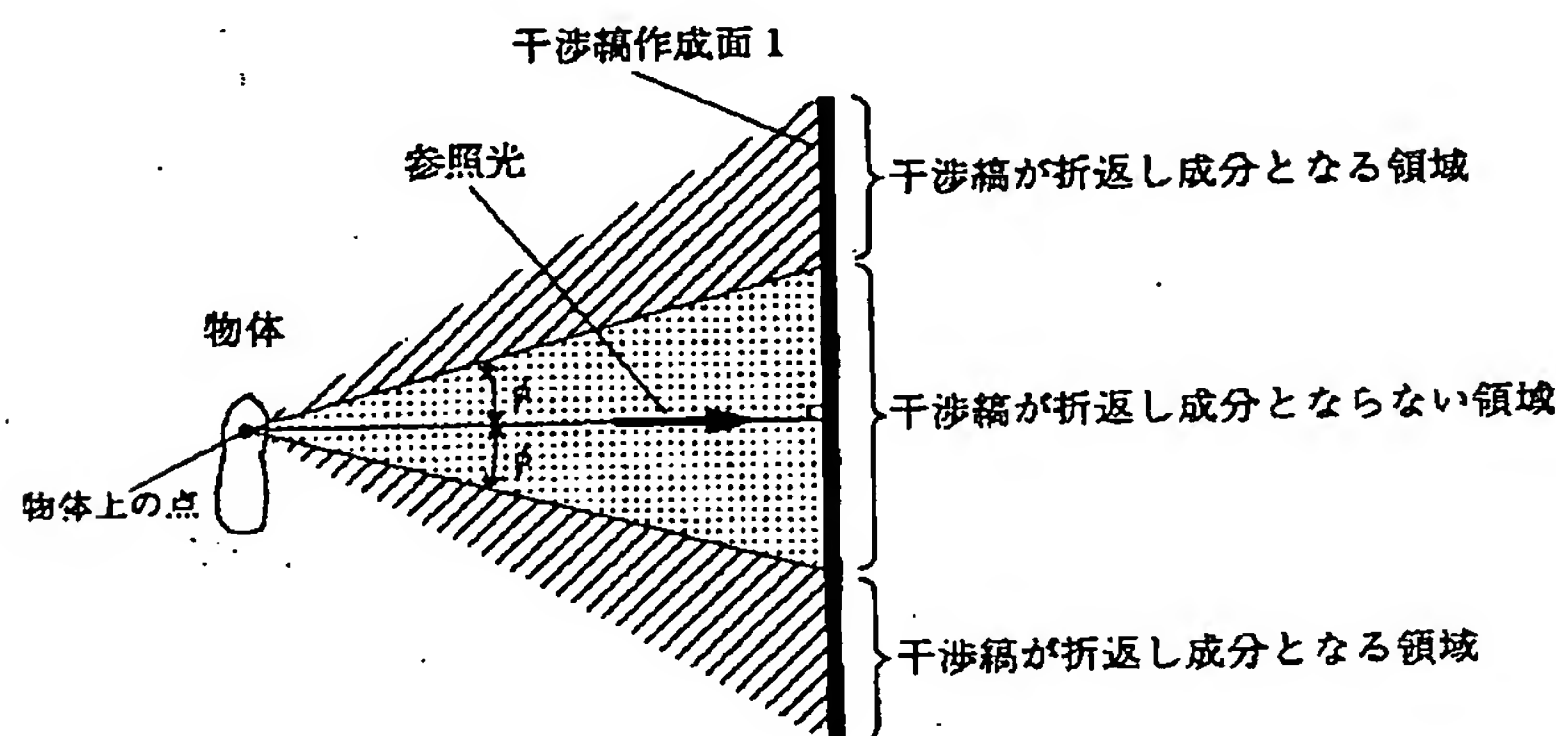
【図8】 高次の真像を結像させる干渉縞を作成するための第1の方法を示している。

【図9】 本発明立体表示装置の第3の実施形態を示している。

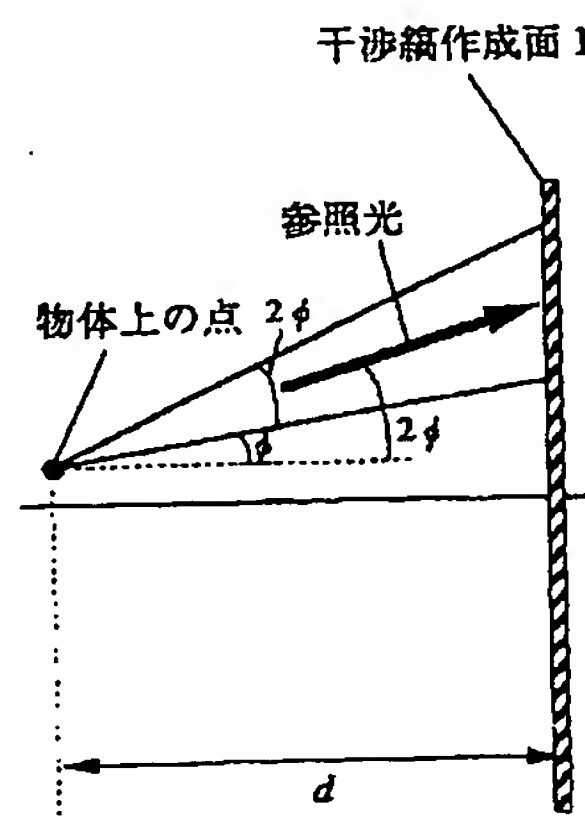
【符号の説明】

- 1 干渉縞作成面
- 2, 2a, 2b, 2c 干渉縞表示面
- 3, 3a, 3b, 3c レンズ
- 4, 4a, 4b, 4c 開口
- 5, 5a, 5b, 5c 再生光
- 6a, 6b ハーフミラー

【図1】

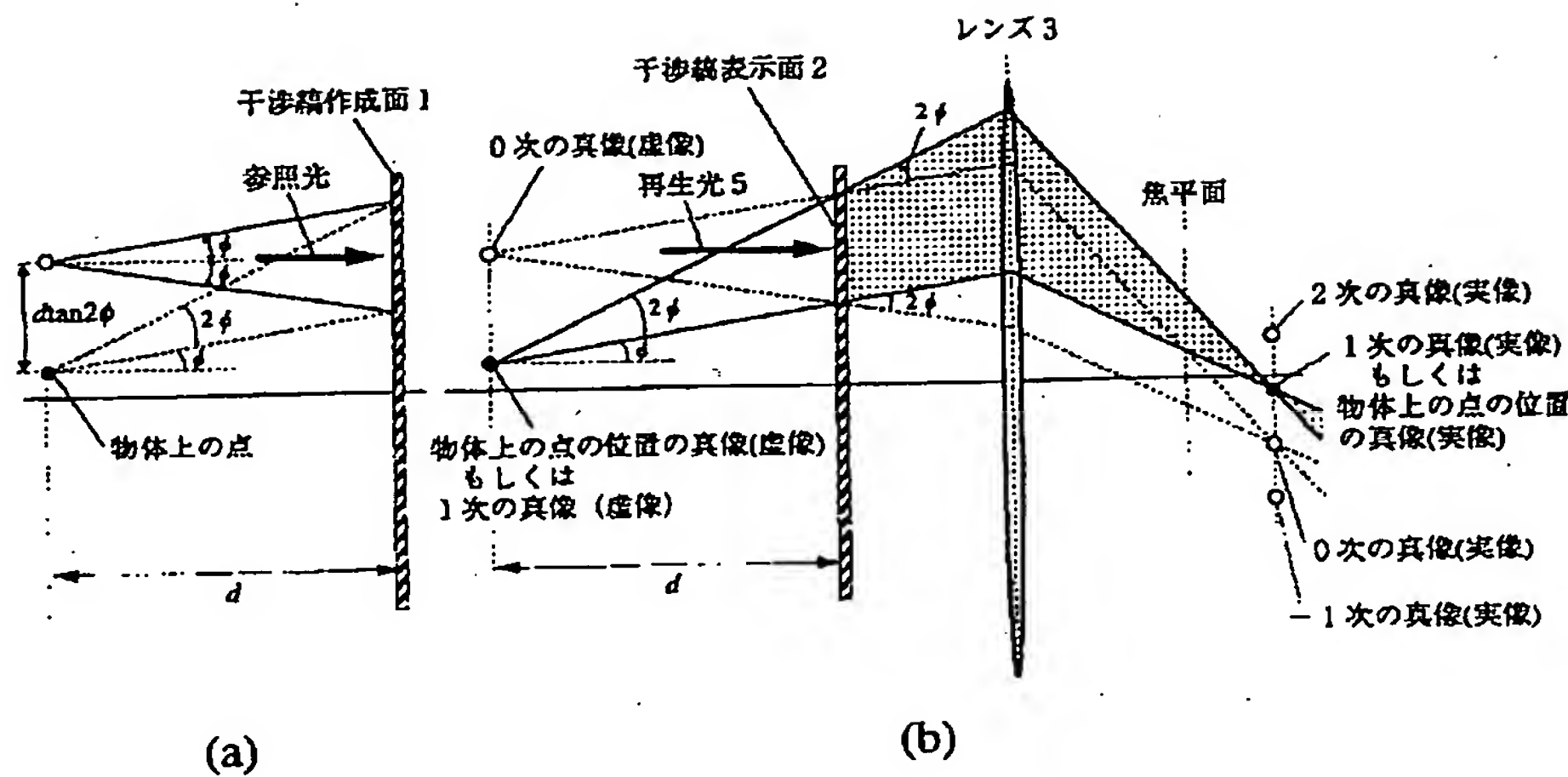


【図8】

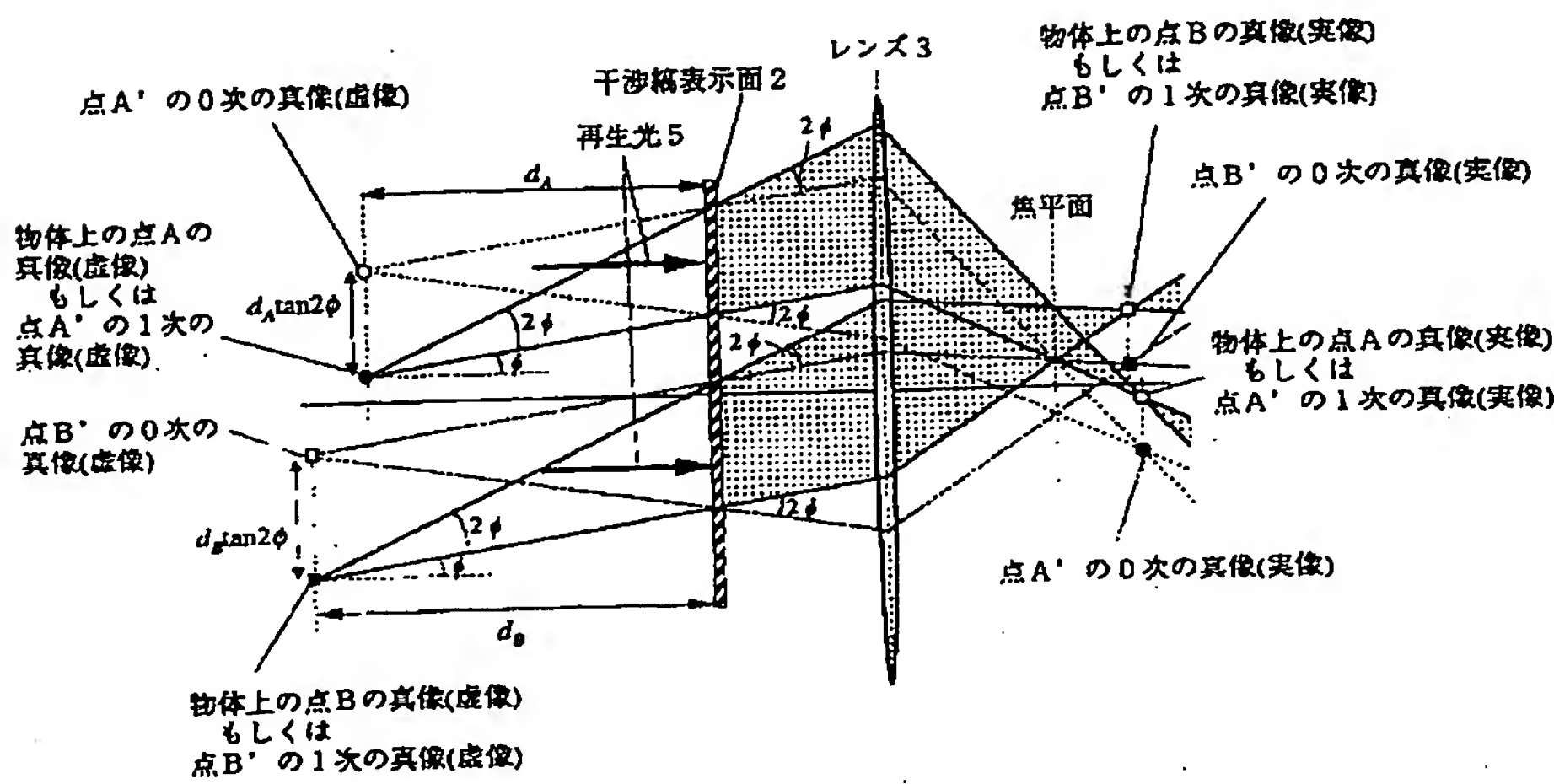




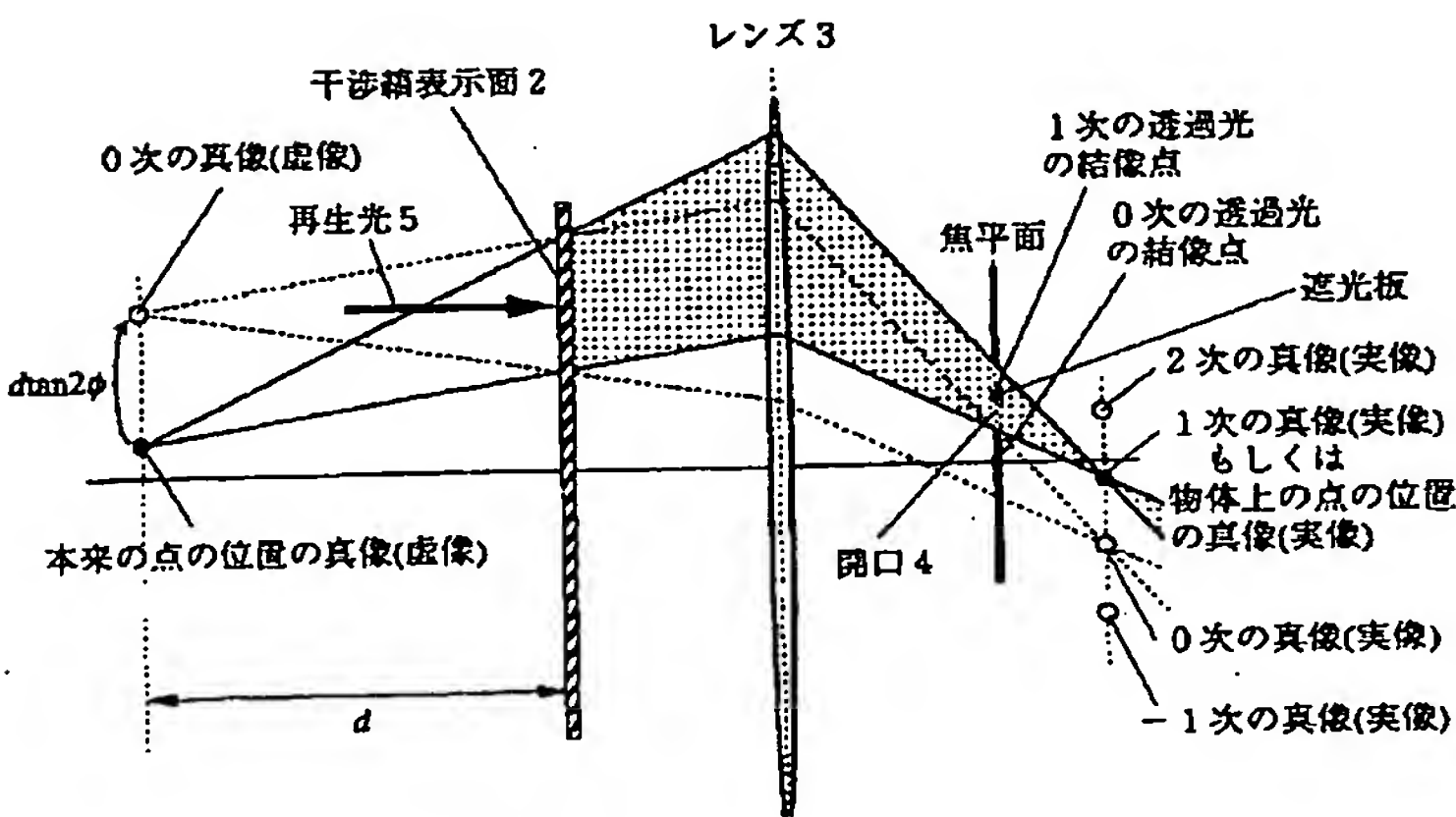
【図2】



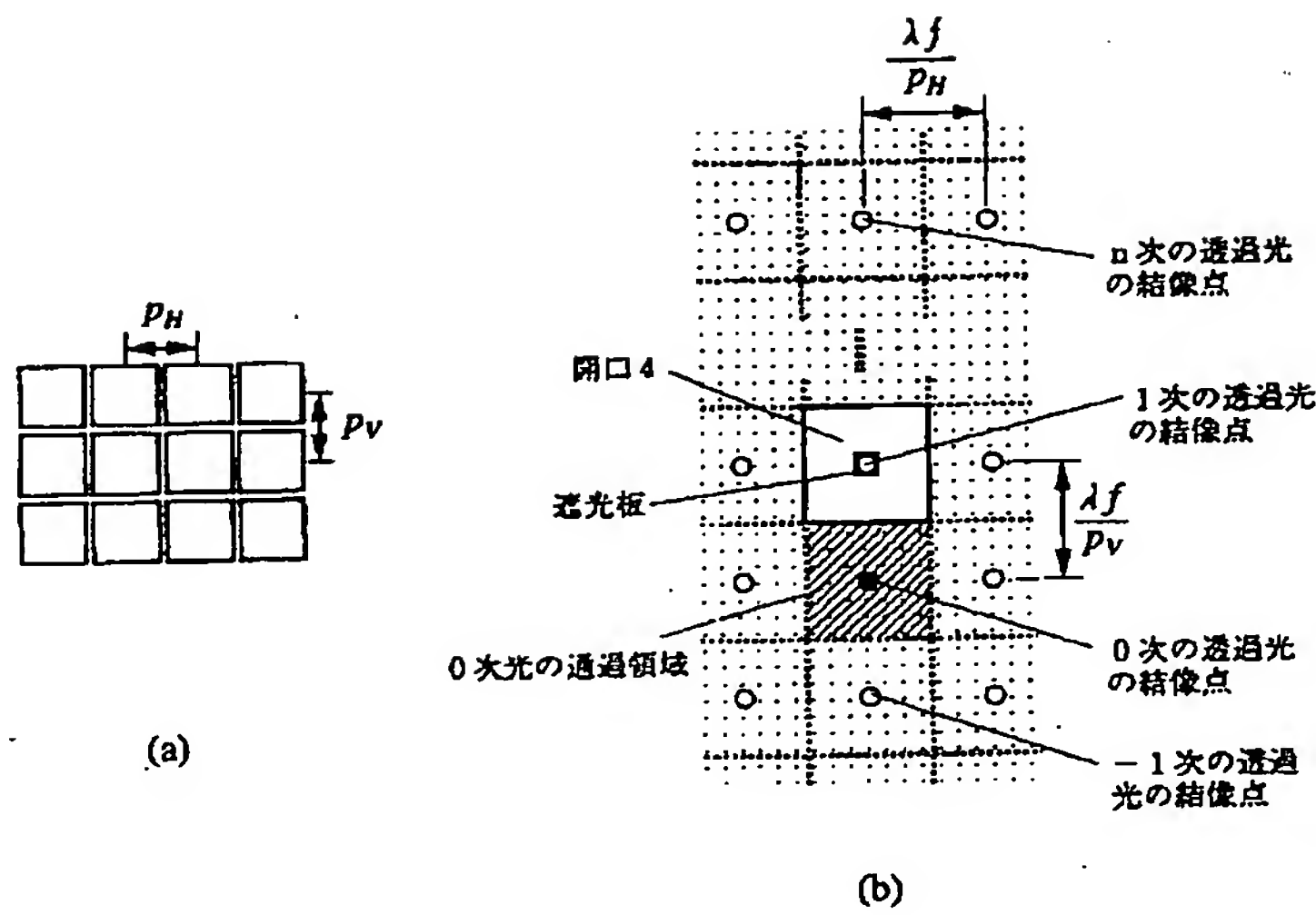
【図3】



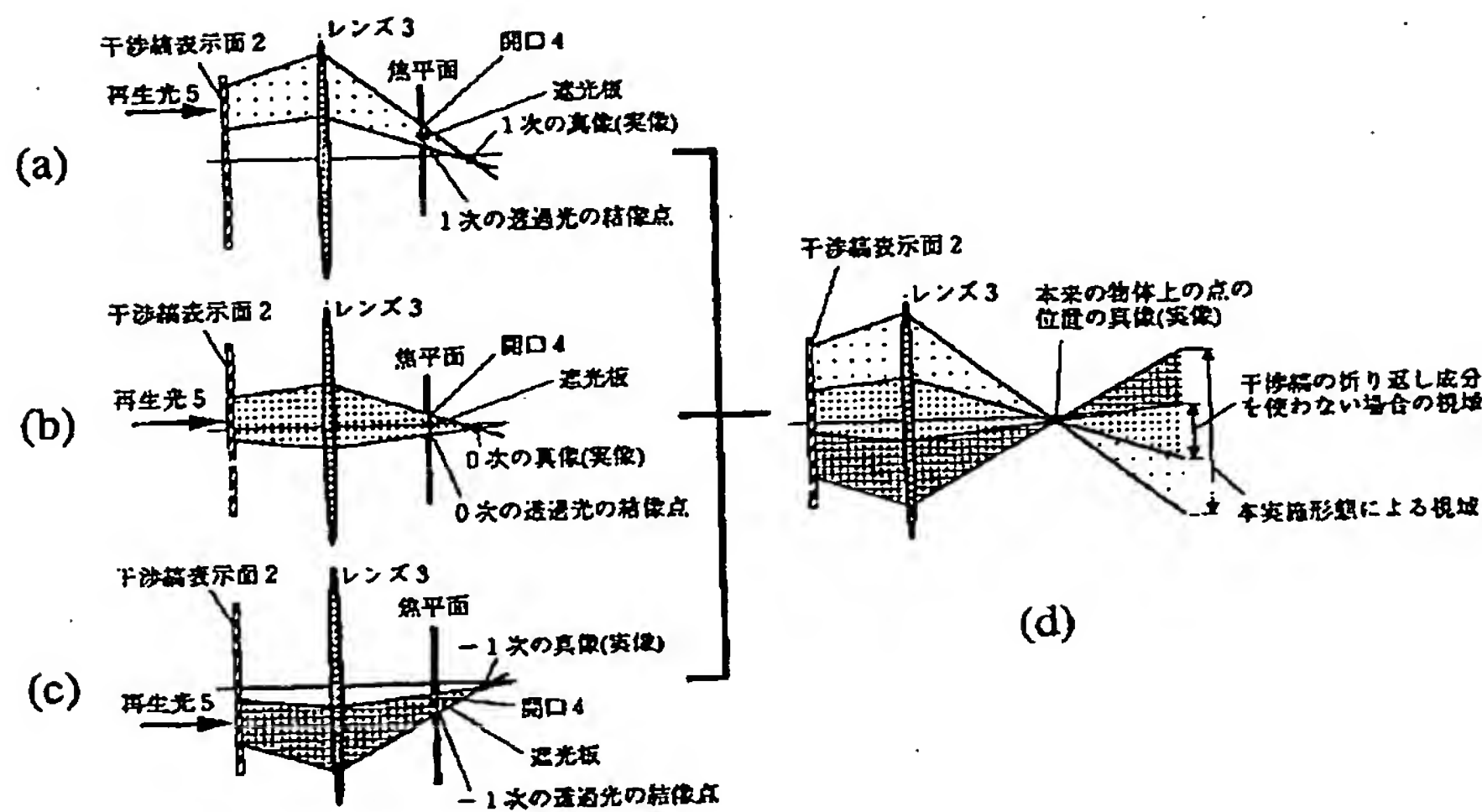
【図4】



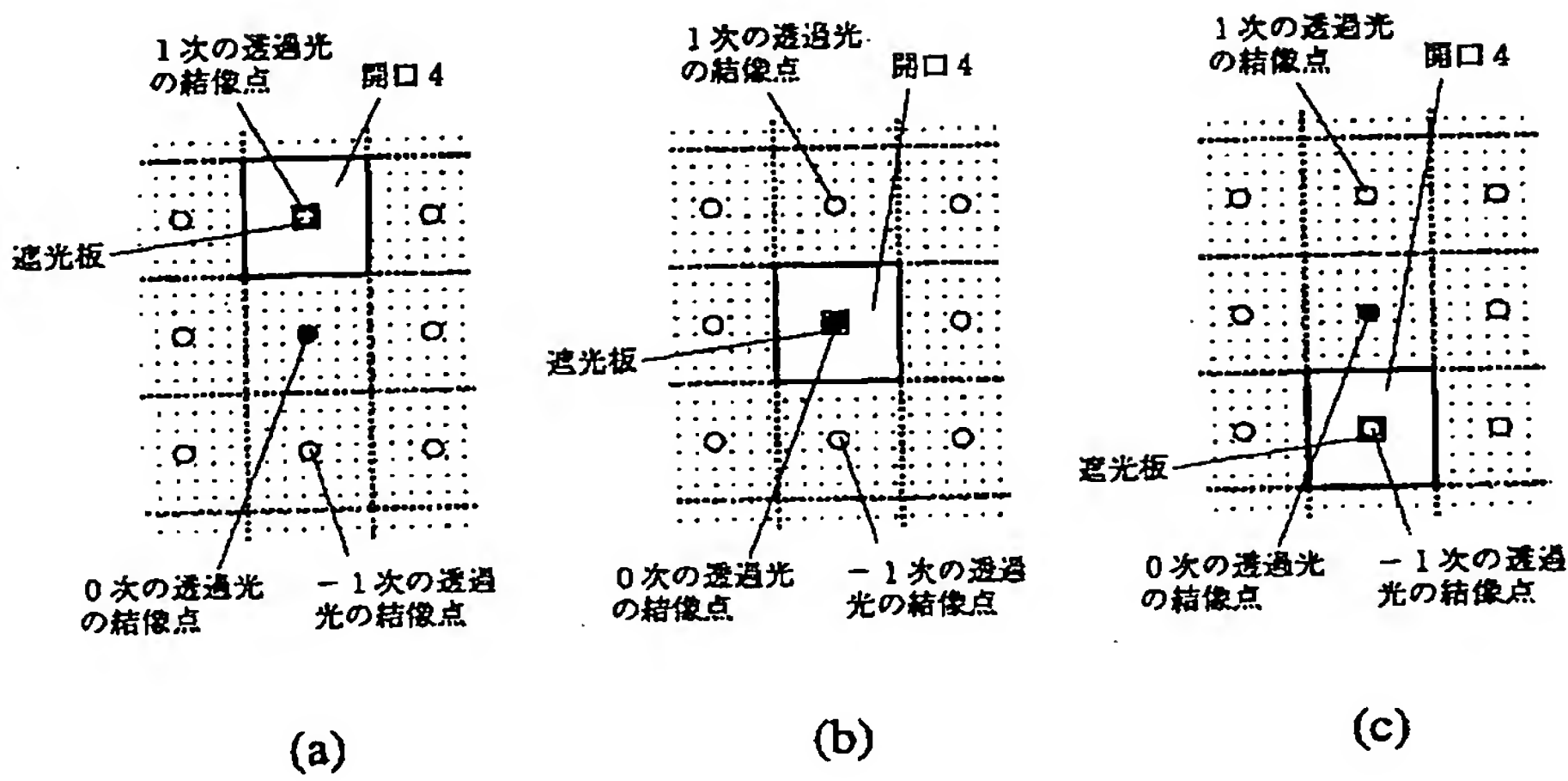
【図5】



【図6】



【図7】



【図9】

